

## **Procédé de reconnaissance de la trajectoire d'une pointe d'un corps sur un support**

### **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un procédé de reconnaissance de la trajectoire d'une pointe d'un corps sur un support, comportant la détermination d'un angle d'orientation du corps par traitement de données de mesure fournies, à une unité de traitement, par au moins un capteur d'angle disposé dans le corps, le corps comportant un capteur de force mesurant la force de réaction de la pointe du corps en contact avec le support, le capteur de force fournissant, de manière quasi-continue, à l'unité de traitement des données représentatives de la force de réaction, l'unité de traitement déterminant l'orientation de la force de réaction par rapport au plan du support à partir des données de mesure du capteur d'angle et du capteur de force.

### **État de la technique**

Actuellement, les stylos numériques commercialisés nécessitent un support préparé ou une source de référence, permettant de reconnaître les mouvements de la pointe du stylo, par exemple des tables à numériser, des écrans particuliers, des sources à ultrasons, des sources électromagnétiques ou des papiers spéciaux, ce qui complique l'utilisation du stylo.

Une trace écrite sur un support est transcrite sur un écran d'ordinateur par l'intermédiaire du stylo. Typiquement, un stylo numérique permet de reconnaître les symboles écrits, par exemple les caractères et les signatures.

Généralement, un stylo numérique comporte plusieurs capteurs, par exemple des capteurs inertiels de type accéléromètre et des capteurs d'angle, par exemple de type magnétomètres ou gyromètres, et, éventuellement, un détecteur de force de réaction d'une pointe du stylo en contact avec le support, permettant de reconnaître si le stylo est en contact avec un support d'écriture ou non. L'accélération de la pointe du stylo sur le support d'écriture est obtenue par traitement de données de mesure fournies par les capteurs. Une double intégration mathématique d'une grandeur fonction de l'accélération permet ensuite de déterminer approximativement la trajectoire de la pointe du stylo sur le support d'écriture. Les traitements de données sont effectués par une unité de traitement disposée, par exemple, dans le stylo.

Le document US5548092 décrit une méthode pour visualiser des informations écrites sur un support par mesure des forces appliquées à la pointe d'un stylo. Le stylo comporte un capteur pour mesurer la force de la pointe du stylo sur le support. Des capteurs supplémentaires permettent de mesurer les mouvements et l'orientation du stylo par rapport au support, même si le stylo n'est pas en contact avec le support. Une force ayant la direction de l'axe longitudinal du stylo comporte des composantes orientées le long de deux axes orthogonaux disposés dans un plan d'écriture. Les forces mesurées dans le référentiel du stylo sont transformées dans un référentiel absolu. Le document définit un angle d'inclinaison du stylo par rapport à l'axe gravitationnel et un angle d'azimut par rapport à l'un desdits axes orthogonaux. Une force de frottement est représentée par la somme d'une composante statique et d'une composante dynamique dépendant de la vitesse. La composante statique est soustraite de la force mesurée afin de définir une force nette, qui est par définition nulle lorsque la force mesurée est inférieure au produit de la force longitudinale et du coefficient de frottement statique. Puis, la dérivée temporelle de la quantité de

mouvement est exprimée en fonction de la force nette et de la force de frottement dynamique. L'équation différentielle obtenue est ensuite résolue pour déterminer la vitesse et la position. Le calcul des composantes de la position et de la vitesse de la pointe du stylo dans le plan du support est réalisé, par intégration, en tenant compte des composantes correspondantes de la force nette.

De par la structure même du stylo décrit dans le document US5548092, l'angle d'azimut est supposé constant et le stylo comporte une arête empêchant l'utilisateur de faire tourner le stylo lors de l'écriture. Ceci implique que le stylo est figé dans la main. Cette hypothèse est très restrictive par rapport à la réalité.

Le document WO99/67652 décrit un stylo comportant des capteurs de force, d'accélération et de contact intégrés dans un dispositif de mesure comportant une masse inertielle couplée à la pointe du stylo. De plus, le stylo comporte un dispositif de mesure des angles d'inclinaison du stylo. Les dispositifs de mesure transmettent des données de mesure à une unité de contrôle. Les données de mesure sont traitées pour déterminer les forces et accélérations appliquées au stylo. Un procédé d'utilisation du stylo comporte une phase d'initialisation, une phase de mesure et une phase de traitement de données. Les données permettent de déterminer si le stylo est en contact avec un support d'écriture ou non. Si un contact est détecté, les données sont interprétées comme des forces. S'il n'y a pas de contact, les données sont interprétées comme des accélérations.

### **Objet de l'invention**

L'invention a pour but de simplifier la reconnaissance de la trajectoire d'une pointe d'un corps sur un support et d'augmenter la précision de la reconnaissance de trajectoire, notamment pour la reconnaissance de la trajectoire d'une pointe d'un stylo sur un support d'écriture, tout en simplifiant l'utilisation du stylo.

Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées et, en particulier, par le fait que l'unité de traitement détermine un vecteur tangentiel à la trajectoire par projection de la force de réaction dans le plan du support, la trajectoire étant déterminée par au moins une intégration mathématique d'une grandeur fonction du vecteur tangentiel à la trajectoire.

### **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 représente un stylo numérique selon l'art antérieur.

Les figures 2 et 3 illustrent, sous forme de schémas bloc fonctionnels, deux modes de réalisation particuliers d'un procédé de reconnaissance selon l'invention.

### Description de modes particuliers de réalisation

Sur la figure 1, un stylo 1 comporte un accéléromètre 2, un capteur d'angle 3 et un capteur de force 4 disposés dans le boîtier 5 du stylo, dans une partie avant du stylo 1. Le capteur de force 4 est lié mécaniquement à la pointe 6 du stylo et l'accéléromètre 2 est avantageusement disposé près de la pointe 6. Le capteur d'angle 3 peut être constitué par un ensemble de trois gyromètres ou, de préférence, par un ensemble de trois magnétomètres. Des circuits électroniques, notamment un convertisseur 7 analogique/numérique, une unité de traitement 8 et un émetteur 9 ou un émetteur/récepteur, sont également disposés dans une partie arrière du stylo 1. Le traitement des données peut être effectué par l'unité de traitement 8 ou par une station à distance recevant les données par l'intermédiaire de l'émetteur 9. Le stylo 1 permet d'écrire sur un support 10 quelconque sans nécessiter d'équipement supplémentaire. Sur la figure 1, l'angle  $\theta$  de l'axe longitudinal L du stylo 1, c'est-à-dire l'angle d'inclinaison du stylo 1 est défini par rapport au plan support 10. Le support est, de préférence, plan. Mais une surface avec des déformations faibles peut également être utilisable.

Dans un premier mode de réalisation simplifié, illustré sur la figure 2, la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1 est déterminée à partir de données S1 et S2 fournies à l'unité de traitement 8 respectivement par le capteur d'angle 3 et le capteur de force 4. Le procédé de reconnaissance peut comporter, avant de commencer l'écriture, une étape d'étalonnage F1 de l'orientation  $\theta_0$  du support 10. Par exemple, le stylo est placé selon un angle prédéterminé par rapport à un axe perpendiculaire au support, de préférence, perpendiculairement au support 10, pendant l'étape d'étalonnage F1 et le capteur d'angle 3 fournit, ainsi, l'angle d'orientation  $\theta_0$  du support 10. Si l'orientation du support 10 est modifiée par la

suite, l'étalonnage doit être mis à jour. Si le support 10 comporte plusieurs zones ayant des orientations différentes, l'étalonnage peut être mis à jour à chaque fois que la pointe 6 du stylo 1 change de zone.

Ensuite on effectue, de manière connue, dans une étape F2, l'estimation de l'angle  $\theta$  du stylo 1 par rapport à l'angle d'orientation  $\theta_0$  du support 10, à partir des données S1 de mesure du capteur d'angle 3.

Les données S2 sont fournies à l'unité de traitement 8 par le capteur de force 4 de manière quasi-continue. Elles sont représentatives de la force de réaction de la pointe 6 du stylo 1 en contact avec le support 10. La mesure est tridimensionnelle et proportionnelle à la force de réaction. Ainsi, on obtient une information sur la direction et l'amplitude de la force de réaction et non une simple détection de contact. La force de réaction est mesurée dans le référentiel du stylo 1. L'orientation de la force de réaction par rapport au plan du support 10 est déterminée (F3) à partir des données S1 de mesure du capteur d'angle 3, plus particulièrement à partir de l'angle  $\theta$ , et des données S2 de mesure du capteur de force 4. Ainsi, on obtient la force de réaction dans le référentiel du support 10. Ensuite, la force de réaction est projetée (F4) dans le plan du support 10, ce qui permet d'éliminer la composante perpendiculaire au support 10 qui correspond à la pression d'appui appliquée par l'utilisateur, qui est sans importance pour la détermination de la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1. La composante dans le plan du support 10, résultat de la projection, est due à la force de frottement de la pointe 6 du stylo 1 sur le support 10. Cette force de frottement est antiparallèle au mouvement de la pointe 6 du stylo 1 dans le plan du support 10, tangentielle à la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1 sur le support 10. On obtient, ainsi, un vecteur  $\vec{v}$  tangentiel à la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1, représentatif de la direction de la vitesse de la pointe 6 dans le plan du support.



Dans une étape F5, comportant une simple intégration mathématique du vecteur  $\hat{o}$  tangentiel, l'unité de traitement 8 détermine la trajectoire de la pointe 6 du stylo sur le support 10.

Il est à noter que selon le document US5548092, la force nette, qui est utilisée pour le calcul de la position et de la vitesse de la pointe du stylo, est égale à la somme d'une grandeur proportionnelle à la vitesse (tangentielle à la trajectoire) et d'une grandeur proportionnelle à l'accélération (pas forcément tangentielle). Ainsi, la force nette utilisée dans le document US5548092 ne correspond pas à un vecteur tangentiel à la trajectoire, dans la mesure où elle comporte un vecteur accélération, qui n'est pas forcément tangentiel à la trajectoire.

Dans un deuxième mode de réalisation, illustré sur la figure 3, la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1 est déterminée à partir de données S1, S2 et S3 fournies à l'unité de traitement 8 respectivement par le capteur d'angle 3 et le capteur de force 4 et l'accéléromètre 2. Le traitement des données S3 de l'accéléromètre permet d'obtenir une meilleure précision de la détermination de la trajectoire.

L'accéléromètre 2 étant influencé par la gravitation, il est souhaitable d'éliminer la contribution de la gravité à la mesure. Les données de mesure fournies par le capteur d'angle 3 permettent, de manière connue, d'estimer (F6) la contribution G de la gravité à la mesure de l'accéléromètre 2 et, ensuite, d'éliminer (F7) ladite contribution G des données S3 fournies par l'accéléromètre 2, de manière à obtenir des données S4 réduites, fonction de l'accélération du mouvement uniquement.

Les données S4 réduites représentent ainsi l'accélération du mouvement à l'emplacement de l'accéléromètre 2 qui est, a priori, différente de l'accélération

A de la pointe 6 du stylo 1. Pour déterminer dans une étape F8 l'accélération A de la pointe 6 du stylo 1, on effectue, de manière connue, dans une étape F'2, l'estimation de l'angle  $\theta$  du stylo 1 par rapport à l'angle d'orientation  $\theta_0$  du support 10, à partir des données S1 de mesure du capteur d'angle 3, ainsi que de la vitesse angulaire VA et de l'accélération angulaire AA du stylo 1, respectivement grâce à la première et à la deuxième dérivée de l'angle  $\theta$  par rapport au temps. Pour réaliser l'étape F8, on fait appel aux lois de composition des mouvements de la mécanique classique, en tenant compte du vecteur reliant l'emplacement de l'accéléromètre 2 et la pointe 6 du stylo 1.

L'accélération A de la pointe 6 du stylo 1 peut ensuite être projetée (étape F9) dans le plan du support 10, de manière à obtenir l'accélération  $\hat{a}$  sur le support 10 de la pointe 6 du stylo 1. La projection dans le plan du support 10 peut donc être calculée à partir des données S1 et S3, fournies respectivement par le capteur d'angle 3 et l'accéléromètre 2 et permettant de déterminer l'angle d'orientation  $\theta_0$  du support 10, l'angle  $\theta$  du stylo 1 par rapport à l'angle d'orientation  $\theta_0$  et l'accélération A de la pointe 6 du stylo 1.

Dans l'étape F'4 on obtient, comme dans l'étape F4, le vecteur  $\hat{o}$  tangentiel à la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1, et, de plus, par normalisation du vecteur  $\hat{o}$  tangentiel, un vecteur unitaire  $\hat{u}$  tangentiel à la trajectoire de la pointe 6 du stylo 1.

Dans une étape F10, l'unité de traitement 8 détermine le produit scalaire du vecteur unitaire  $\hat{u}$  et de l'accélération  $\hat{a}$  de la pointe 6 du stylo 1 sur le support 10, ce qui permet de déterminer la composante  $a_T$  de l'accélération, tangentielle à la trajectoire. La trajectoire est, ensuite, déterminée par double intégration mathématique F11 de la composante tangentielle  $a_T$  de l'accélération.



La composante  $a_T$  de l'accélération tangentielle à la trajectoire peut éventuellement être déterminée par produit scalaire du vecteur unitaire  $\hat{u}$  et de l'accélération  $A$  de la pointe 6 du stylo 1, sans effectuer la projection  $F_9$  de l'accélération  $A$  de la pointe 6 du stylo 1 dans le plan du support 10. Cependant, l'étape de projection  $F_9$  permet de tirer des informations sur la courbure de la trajectoire par l'intermédiaire de la composante de l'accélération perpendiculaire à la trajectoire.

L'utilisation conjointe du capteur d'angle 3 et du capteur de force 4 permet d'éliminer correctement, de la mesure de l'accélération  $a_T$ , les contributions de forces qui ne sont pas reliées à la trajectoire, par exemple la pesanteur ou la pression du stylo 1 perpendiculairement au support.

L'utilisation du procédé selon l'invention permet, en particulier, la réalisation efficace d'enregistrement et de reconnaissance de signatures. Par exemple, on enregistre une pluralité de signatures pour chaque personne utilisant le stylo 1 pour déterminer un signal moyen pour chaque personne. Lorsque le stylo 1 fonctionne en un mode de reconnaissance de signature, un traitement, typiquement consistant à minimiser la distance quadratique entre une mesure de signature normalisée et les signaux moyens normalisés enregistrés préalablement, permet de reconnaître avec certitude la signature.

L'invention n'est pas limitée aux procédés de reconnaissance de trajectoire d'une pointe de stylo. Le stylo 1 peut être remplacé par un corps quelconque comportant, par exemple, un actionneur quelconque, par exemple une pointe de gravure, dont la trajectoire est déterminée pendant l'actionnement.

Le procédé permet également de déterminer la trajectoire d'un dispositif de mesure, par exemple un palpeur, comportant un capteur quelconque, par exemple un capteur thermique, électrique ou photométrique. Ainsi, une mesure physique est effectuée par l'intermédiaire d'un capteur associé au corps 1, simultanément à la reconnaissance de trajectoire, ce qui permet d'établir une cartographie de la grandeur physique mesurée par corrélation de la mesure avec la trajectoire déterminée.

## Revendications

1. Procédé de reconnaissance de la trajectoire d'une pointe (6) d'un corps (1) sur un support (10), comportant la détermination d'un angle d'orientation ( $\theta$ ) du corps (1) par traitement (F2) de données (S1) de mesure fournies, à une unité de traitement (8), par au moins un capteur d'angle (3) disposé dans le corps (1), le corps (1) comportant un capteur de force (4) mesurant la force de réaction de la pointe (6) du corps (1) en contact avec le support (10), le capteur de force (4) fournissant, de manière quasi-continue, à l'unité de traitement (8) des données (S2) représentatives de la force de réaction, l'unité de traitement (8) déterminant (F3) l'orientation de la force de réaction par rapport au plan du support (10) à partir des données de mesure (S1, S2) du capteur d'angle (3) et du capteur de force (4), procédé caractérisé en ce que l'unité de traitement (8) détermine un vecteur ( $\hat{o}$ ) tangentiel à la trajectoire par projection (F4) de la force de réaction dans le plan du support (10), la trajectoire étant déterminée par au moins une intégration mathématique (F5, F11) d'une grandeur fonction du vecteur ( $\hat{o}$ ) tangentiel à la trajectoire.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte l'intégration mathématique (F5) du vecteur ( $\hat{o}$ ) tangentiel.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le support (10) est plan.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'étalonnage (F1) de l'orientation ( $\theta_0$ ) du support (10).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le corps (1) est placé selon un angle prédéterminé par rapport à un axe perpendiculaire au support (10) pendant l'étape d'étalonnage (F1).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le corps (1) est placé perpendiculairement au support (10) pendant l'étape d'étalonnage (F1).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte la détermination de l'accélération (A) de la pointe (6) par traitement (F8, F'2) de données (S1, S3) de mesure fournies, à l'unité de traitement (8), par le capteur d'angle (3) et par au moins un accéléromètre (2), disposé dans le corps (1), l'unité de traitement (8) déterminant un vecteur unitaire ( $\hat{u}$ ) tangentiel à la trajectoire par normalisation (F'4) du vecteur ( $\hat{o}$ ) tangentiel à la trajectoire et déterminant le produit scalaire (F10) de données ( $\hat{a}$ ) représentatives de l'accélération (A) et du vecteur unitaire ( $\hat{u}$ ), de manière à obtenir ladite grandeur, représentative de l'accélération tangentielle ( $a_T$ ) de la pointe (6) du corps (1), la trajectoire étant déterminée par double intégration mathématique (F11) de ladite grandeur.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'unité de traitement (8) détermine la projection (F9) de l'accélération (A) dans le plan du support (10) en fonction des données (S3, S1) fournies par l'accéléromètre (2) et le capteur d'angle (3), de manière à fournir lesdites données ( $\hat{a}$ ) représentatives de l'accélération (A).

9. Procédé selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'il comporte une estimation (F6) de la contribution (G) de la gravité aux données de mesure fournies par l'accéléromètre (2) et l'élimination (F7) de ladite contribution (G) des données (S3) fournies par l'accéléromètre.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le corps comporte un capteur destiné à fournir la mesure d'une grandeur physique de manière à permettre d'établir une cartographie de ladite grandeur physique en fonction de la trajectoire mesurée.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le corps comporte un actionneur.